

# ADDITÍV GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁBAN ALKALMAZOTT ANYAG SZILÁRDSÁGI JELLEMZŐINEK VIZSGÁLATA A 3D NYOMTATÁS PARAMÉTEREINEK FÜGGVÉNYÉBEN

## INVESTIGATING THE STRENGTH PROPERTIES OF A MATERIAL USED IN ADDITIVE MANUFACTURING TECHNOLOGY DEPENDING ON THE PARAMETERS OF 3D PRINTING

*Dr. Kátai László PhD, Dr. Szabó István PhD., Lágymányosi Attila, Lágymányosi Péter, Dr. Szakál Zoltán PhD.*

*Szent István Egyetem, Gépészmérnöki Kar*

### ABSTRACT

The main objective of this paper is to analyse the mechanical behaviour of a wide range of 3D printed materials produced by different filling technology. We performed a tensile test of specimens printed with different filling patterns and fill rates. It can be stated that optimizing the fill pattern and the fill rate for the application area can be achieved by material and, together, cost savings. In the case of the examined samples, Concentric filling is best suited for optimizing printing for material use.

Keywords: Additive manufacturing, FDM technology, strength property, 3D printing

### 1. BEVEZETÉS

A 3D nyomtatási technológiák egyre népszerűbbek a hagyományos gyártási technológiák mellett. Az igen sokféle nyomtatási technológia közül az ún. FDM (Fused Deposition Modeling) technológiát választottuk a vizsgálatunk tárgyává. Ez a technológia a prototípus-, és a kis darabszámú alkatrészgyártásban kisebb nagyobb cégeknél és egyéni vállalkozóknál is egyaránt nagy felhasználásnak örvend. Az egyre nagyobb népszerűség miatt mindenképpen célszerű foglalkozni a termék minőségét is meghatározó egyik tulajdonsággal a teherbíró képességgel, mivel a nyomtató a testeket bizonyos mértékben esetenként akár teljesen üregesen is ki tudja nyomtatni, amely anyagmegtakarítást is eredményezhet. A nyomtatás során lehetőség van annak kiválasztására, hogy milyen kitöltési formával szeretnék dolgozni [1, 2]

A kísérleteink célja annak vizsgálata, hogy különböző térkitöltöttségű és kitöltési mintájú próbatesteknek hogyan változik a teherbírása,

milyen kapcsolat állapítható meg az anyagmegtakarítás és a teherbírás csökkenés között.

### 2. A VIZSGÁLATHOZ VÁLASZTOTT ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

A vizsgált anyagnak a PLA (polylactic acid) anyagot választottuk a szakirodalom kutatás alapján - széleskörű alkalmazhatósága, ár-érték arány -, PLA (Polylactic acid, PLA) magyar nevéen politejsav, biológiai úton lebomló, hőre lágyuló műanyag, melyet növényekből állítanak elő. Elsősorban magas keményítőtartalmú gabonafélékből (rizs, búza, kukorica) lehet előállítani, tejsavas erjesztéssel, polikondenzációval vagy dilaktid polimerizációval. Ez az anyag nagyon elterjedt és a többi alapanyaghoz képest kedvezőbb az ára. Felhasználási köre igen széles és elterjedt az átlag felhasználók körében, mivel nyomtatásához nem feltétlenül szükséges –bár a nyomtatási minőség szempontjából ajánlatos – a fűthető asztal, mint például egy másik igen elterjedt anyagnál az ABS (akrilnitril-butadién-sztirol)-nél. A PLA előnyei közé tartozik még, hogy nagyobb sebességgel nyomtatható, de ugyanakkor kisebb hőfokon, mint az ABS. Nyomtatás során az anyag deformáció is jelentősen kisebb, mint az ABS esetében. Ezeket alapul véve a nyomtatás szempontjából egy olcsó, ugyanakkor könnyen kezelhető és nagyon széles körben felhasznált anyagról van szó. Ennek megfelelően egy bq-márkanévvel rendelkező sárga PLA filament került beszerzésre és a próbatestek ebből az anyagból lettek kinyomtatva. [3, 4]

#### **Próbatest:**

A szakítási vizsgálatához szabványos próbatesteket alkalmaztunk, ennek megfelelően a polimerek szakításvizsgálatára vonatkozó MSZ

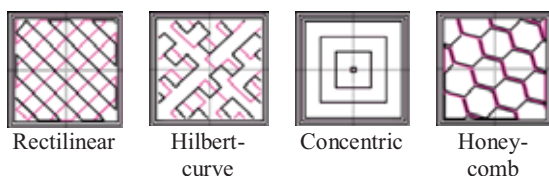
EN ISO 527-2-1993(E) szabványt alapul véve 1A testet választottuk (1. ábra)



1. ábra. Az elkészült szabványos méretű próbatestek

#### Kitöltési minták:

A programban kiválasztható kitöltési mintákat a 2. ábra szemlélteti.



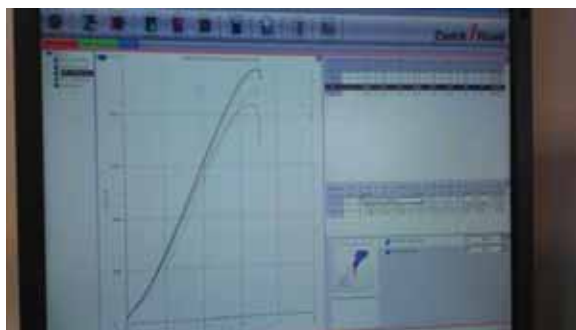
2. ábra. A kitöltési minták

A mérések során 40%, 60%, 80% és 100% térkitöltési eseteket vizsgáltunk.

A szakító vizsgálatok Zwick/Roell Z100 típusú szakítógéppel történtek, a méréseket 3-szoros ismétléssel végeztük el.

### 3. A VIZSGÁLAT ÉRTÉKELÉSE, EREDMÉNYEK

A szakítási vizsgálatok eredményeit a szakítógéppel méreési programja szolgáltatja (3. ábra)



3. ábra. A szakító diagram

Az eredmények feldolgozására, értékelésére excel programba történő exportálást követően került sor.

#### A térkitöltés függvényében a teherbírás változása:

Kitöltési mintánként az egyes térkitöltési százalékokat erő- megnyúlás diagramokon ábrázoltuk. A diagramokon ábrázolt próbatest szakítási eredmények közül, a legkisebb szakítási erővel rendelkező adatsorokat választottuk, mert így azokat az értékeket vettük fel, amelyeket biztosan teljesít a másik két próba test is. Az adatsorokat egy Excel munkafüzetbe a négy

különböző kitöltési mintának megfelelően négy diagramon mutatjuk be, ahol az ábrázolt pontok száma a szakító gép által eltárolt mérési pontokkal megegyezően 2000-3500 darab. Emiatt ezeket az adatokat vonaldiagramban ábrázoltuk.

Jelen dolgozatunkban csupán a térkitöltésenkénti összevetéseket mutatjuk be, az erő-megnyúlás diagramok segítségével.

**A megnyúlás elemzése:** A 4. ábrán látható diagramokról leolvasható, hogy mind a négy térkitöltés esetében a Concentric és Rectilinear mintájú kitöltések közel azonos megnyúlásokat produkáltak függetlenül a teherbírástól. Egyértelműen látszik, hogy a Hilbertcurve kitöltés minden esetben sokkal kevesebb megnyúlásra volt képes, mint a többi mintájú kitöltés, és ehhez mérten jóval kisebb a terhelhetősége. A Honeycomb kitöltés 60 és 80 %-os térkitöltés esetében közel annyira nyúlt meg, mint a Rectilinear és a Concentric kitöltés. A diagramok is egyértelműen mutatják, hogy a kitöltési mintáknak és térkitöltési százalékoknak is nagy jelentősége van az anyag nyúlási tulajdonságaira nézve.

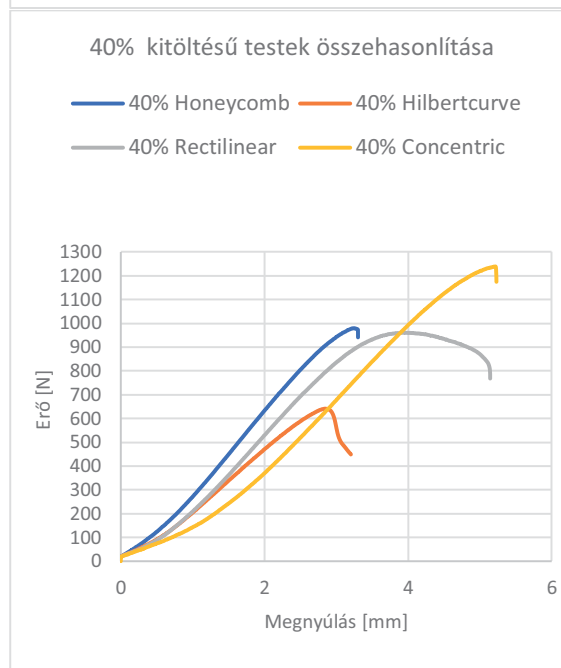
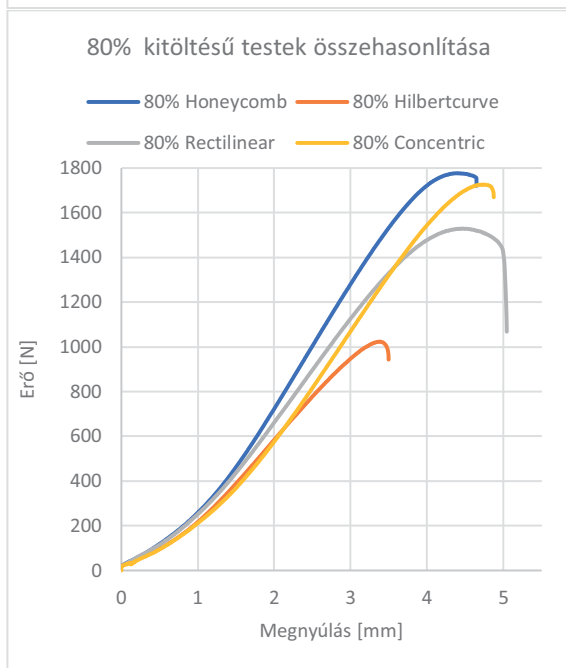
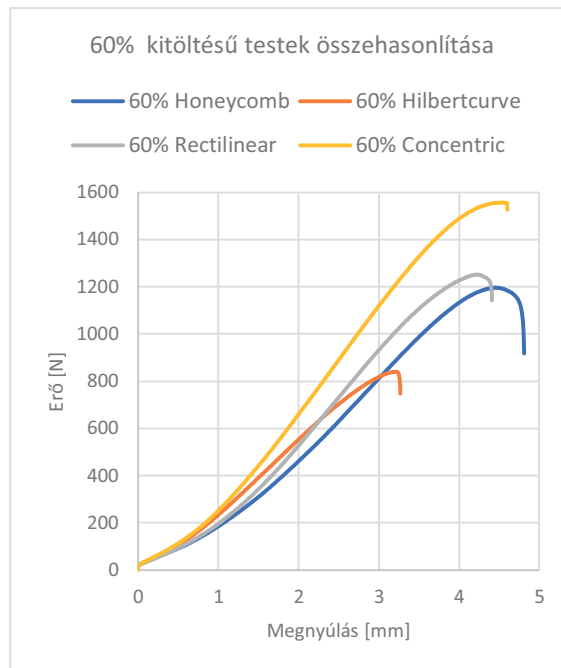
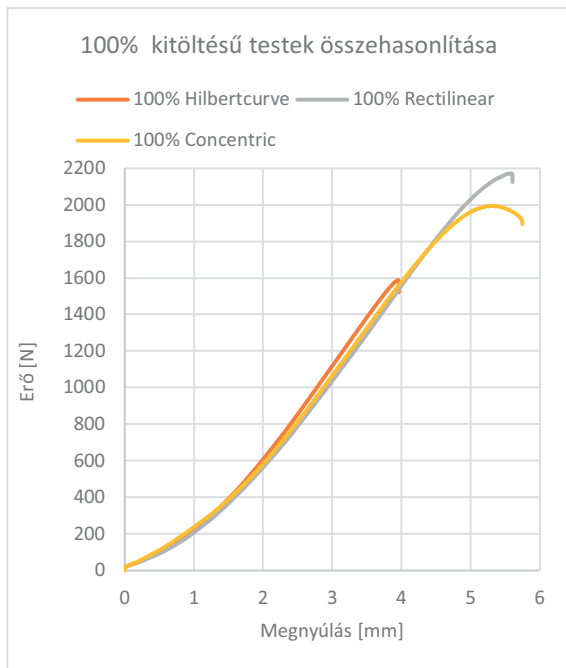
#### Terhelhetőség elemzése:

A Concentric mintájú testek közül a 40 és 60 %-os térkitöltések, jóval erősebbnek bizonyultak a többi mintájú kitöltéshez képest. Ez az előny a 80 és 100 %-osnál már nincsen meg, sőt itt már nem a Concentric kitöltésű testek bizonyultak a legerősebbnek. Ellenben nem sokkal marad el a Honeycomb-tól a 80 %-os kitöltöttség esetében és a 100 %-os kitöltöttség esetében pedig a Rectilinear mintájú kitöltéstől. Az ábrákon még az is jól látható, hogy a Honeycomb 80 %-os kitöltés esetében teljesít kimagaslóan, míg 100 %-os kitöltésnél a Rectilinear mintájú próbatestek. A mérések során a Hilbertcurve minden esetben a leggyengébbnek bizonyult.

#### Anyagmegtakarításhoz tartozó teherbírás csökkenés elemzése:

A következő részben (5. ábra) elemezzük, majd összehasonlítjuk a különböző mintájú kitöltéseket, a valóságos anyagmegtakarításhoz tartozó teherbírás szerint. Az alábbiak szerint határoztuk meg a valóságos anyagmegtakarításokat.

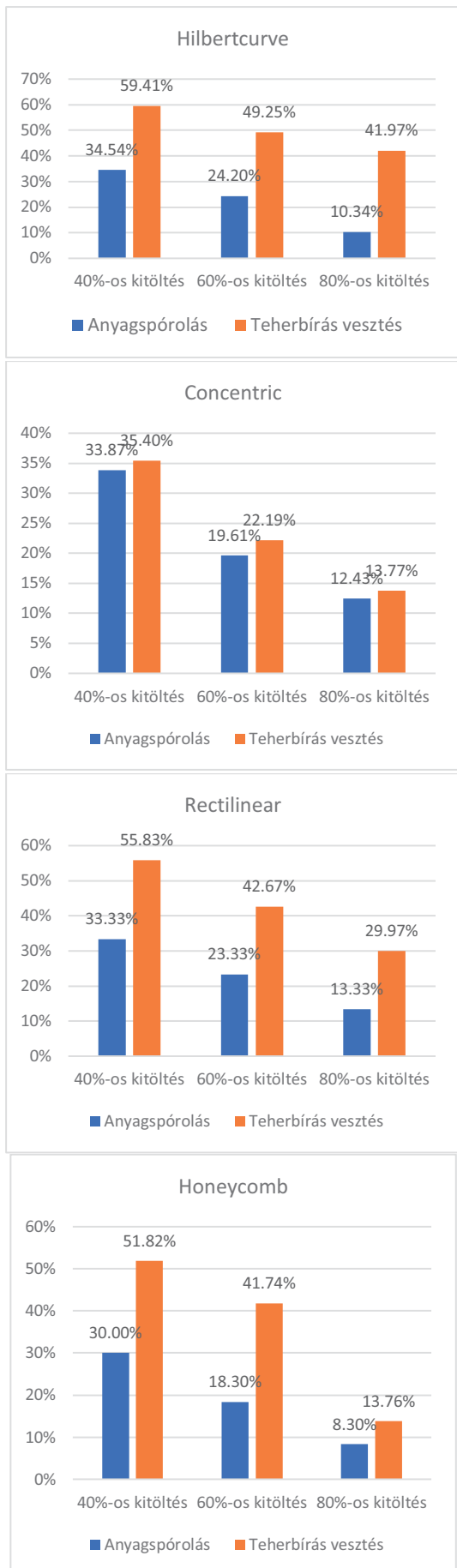
$$\text{Valóságos anyagmegtakarítás}[\%] = 100\% \text{ térkitöltés}[\%] - \text{Valóságos térkitöltés}[\%]$$



4. ábra. A különböző térkitöltések (100%, 80%, 60%, 40%) esetén elvégzett vizsgálatok eredményei

A teherbírás veszteség kiszámolásához az adott mintájú kitöltés tömör testek teherbírásának maximumait átlagoltuk és vettük alapul. Ugyanebből a mintájú kitöltésből a többi térkitöltés esetén is hasonlóan jártunk el, és a maximumértékeket átlagoltuk. Ezt követően hasonlítottuk a tömör kitöltésű testek átlagolt eredményeihez képest a többi térkitöltés átlagolt értékeit.

$$\text{Teherbírás veszteség}[\%] = \frac{1}{A} \frac{\text{Adott térkitöltésű testek legnagyobb teherbír. átlaga [N]}}{\text{A tömör testek legnagyobb teherbír. értékeinek átlaga [N]}} * 100$$



5. ábra. A különböző térkitöltések esetén az anyagmegtakarítás és a teherbírás közötti kapcsolat

Az 5. ábrán látható diagramokat összehasonlítva megfigyelhető, hogy a Concentric mintájú kitöltések esetén volt a leginkább arányban az anyagmegtakarítás a teherbírás csökkenéssel. A Concentric tömör testhez képest lényegében amennyi anyagot megtakarítunk annak megfelelő teherbírást csökkenés következik be. Ez ellentétben az összes többi mintájú kitöltésnél a teherbírás csökkenés jelentősebb mértékű, mint a hozzá tartozó anyagmegtakarítás. A Concentric kitöltésű testeket kivéve a többi mintánál igen jelentős - az anyagmegtakarításnak 1,5-2,5 szerese - a teherbírás csökkenés.

#### 4. ÖSSZEFOGLALÁS

A legnagyobb terhelhetőségbeli eltéréseket összességében a Hilbertcurve kitöltés esetén tapasztaltó. A legegységesebbnek pedig a Rectilinear mintájú kitöltés bizonyult. Erőmegnyúlás szempontjából a vizsgált próbatestek, az esetek többségében, adott kitöltési minta mellett függetlenül a kitöltés sűrűségétől, hasonlítanak egymásra. Ennek oka valószínűleg a nyomtatási szálak helyzetére vezethető vissza. Megállapítható, hogy három kitöltési minta esetében a legnagyobb erőnövekedés 80 és 100 % kitöltési arány között tapasztalható. A Concentric mintájú testek közül a 40 és 60 %-os térkitöltésűek, jóval erősebbnek bizonyultak a többi mintához képest. A 80 % esetében a legerősebb átlagosan a Honeycomb, 100% térkitöltés esetében pedig a Rectilinear volt. Valóságos térkitöltés szempontjából megállapítható, hogy a 4 térkitöltés közül 3 esetben is a Concentric mintájú nyomtatványok előállításához volt szükség a legkevesebb anyag felhasználására. Tehát olyan esetben, amikor az anyagfelhasználás minimalizálása a cél, a Concentric mintájú kitöltés választása a célszerű.

#### FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] KÁTAI et.al.: CAD tankönyv. Typotex Kiadó, Budapest, 2012. ISBN 978-963-279-534-8
- [2] Joe Micallef: Beginning Design for 3D Printing, 2015. ISBN 978-1-4842-0946-2
- [3] S. Junk, M. Bambach: Application of 3D (color) printing for the visualization and optimization of complex metal forming process, Procedia Engineering 207 (2017) 1081-1086.
- [4] A. Gebhardt, J.-S. Hötter, Additive Manufacturing - 3D Printing for Prototyping and Manufacturing, Hanser, Munich, 2016

A cikk az EFOP-3.6.1.-16-2016-0016 projekt támogatásával készült